

Małgorzata Janiak

NIEPRZEWIDYWALNOŚĆ INFORMACJI: PORZĄDEK I CHAOS UNPREDICTABILITY OF INFORMATION: ORDER AND CHAOS

Abstrakt: *Przedstawiono punkty styczne dla teorii chaosu i teorii informacji względem przewidywalności, a właściwie nieprzewidywalności informacji. Celem artykułu jest omówienie wniosków płynących z twierdzeń teorii chaosu, mówiących o tym, że długoterminowe przewidywania nie mogą ani opisywać całego układu, ani nie mogą w pełni spełnić się w przyszłości. Wrażliwość na warunki początkowe oraz wpisane w strukturę układu zmiany, tworzenie się porządku z chaosu, ale zarazem chaosu z porządku sprawiają, że rzeczywistość jest bardziej różnorodna. Jednocześnie: im bardziej różnorodny i kreatywny świat, tym więcej dróg rozwoju. Im więcej dróg rozwoju danego układu, tym mniejsze prawdopodobieństwo przewidzenia tej jednej, konkretnej. Teoria chaosu wykazuje jednak, że nie wszystkie drogi rozwoju są prawdopodobne w równym stopniu. Natura faworyzuje tylko niektóre. Stąd wynika większa wartość informacji w momencie jej zdobycia czy też otrzymania.*

Abstract: *This article presents the common elements of the theory of chaos and the theory of information with regards to predictability, or as a matter of fact – unpredictability. It is mainly focused on describing the conclusions implicated by these theorems of the theory of chaos which state that long-term predictions can not describe the whole system and also can not be fully fulfilled in the future. Sensitivity to initial conditions and changes that form the structure of the system, order originating from chaos and also chaos originating from order – these are the reasons why the reality is so various and diversified. At the same time, the more various and creative world, the more ways of its development. It means that the correct prediction becomes less and less probable. However, the theory of chaos proves that not each way of development is probable to the same degree. The nature shows favouritism to only few of them. This implicates greater value of information at the moment of its receiving or acquiring.*

W artykule przedstawiono wpływ wniosków płynących z twierdzeń oraz założeń teorii chaosu na ten fragment nauki o informacji, który zajmuje się możliwościami przewidywania informacji, odkrycia zależności deterministycznych. Celem jest omówienie dowodów potwierdzających tzw. zdroworozsądkową tezę, iż pewne informacje są stochastyczne, pomimo iż w jakiś sposób podlegają nieuchronnym prawidłowościom. Przede wszystkim skupiono się na relacjach pomiędzy chaosem a informacją, na kreatywnej sile płynącej z przeplatania się nieporządku i porządku. Tworzenie się nowej, innej rzeczywistości, która nie zawsze potrafi być przewidziana z wyprzedzeniem, nie jest wyłącznie sprawą przełomu rewolucyjnego. Zmiany wypływają bowiem i z wewnętrznej logiki układu, wpisane są w jego strukturę. Istnienie takiego wewnętrznego chaosu produkuje nowe informacje, zwiększa ich wartości, ale zmniejsza prawdopodobieństwo przewidzenia konkretnego zdarzenia. Powoduje, że tak popularne z końcem tego tysiąclecia prognozowanie ma wręcz matematyczne dowody na brak kompletności i sprawdzalności.

Na początku zostaną omówione terminy: chaos oraz informacja w celu pokazania ich wzajemnych, przeciwstawnych relacji. Chaos to nieład, nieporządek, przypadek, nieprzewidywalność, stan całkowitego bezładu, zamieszania, rozprężenia, zamęt. Teoria chaosu wiąże się ze zjawiskiem niestabilności, losowości zjawisk. Zajmuje się niemożliwym do przewidzenia zachowaniem się układów. Chaolodzy badają tzw. układy dynamiczne, czyli zmieniające się, które często spotykamy w otaczającym nas świecie. Widzimy je, patrząc na piłkę skaczącą po stole, badając system złożony z wielu komórek (np. serce) czy też rozważając rozwój nauki. Trzeba tylko takie układy zacząć zauważać. Jak powiedział James Yorke, matematyk z University of Maryland:

Pierwsze przesłanie, to informacja, że istnieje nieład. Fizycy i matematycy chcą odkryć regularności. Ludzie pytają jaki pożytek z nieładu? Ale muszą znać nieład, aby wiedzieć jak z nim postępować [...]. Mechanik samochodowy, który nie wie nic o osadzie na zaworach, nie jest dobrym mechanikiem. [...] W przeszłości ludzie widzieli chaotyczne zachowanie w niezliczonych okolicznościach [...]. Przeprowadzali eksperyment fizyczny, a wyniki zachowywały się dziwnie. Próbowali go ustabilizować, ale rezygnowali. Wyjaśniali dziwne zachowanie bądź szumem, bądź tym, że eksperyment jest zły [Gleick 1996, s. 78].

Tymczasem nieregularności mogą wynikać z bogactwa całego układu, czy też jego działania, a nie z braku jakichkolwiek reguł, czy zasad. Stąd naukowcy stworzyli dość paradoksalny termin: **chaos deterministyczny**, który określa nieregularne, ale jednoznaczne zjawiska, które determinuje sam układ [Schuster 1995, s. 14–18]. Często patrząc na części, widzimy ich prostotę, ale całość zachowuje się nieprzewidywalnie, co nie oznacza, że nie można odkryć pewnego wewnętrznego uporządkowania.

Informacja zaś to coś o określonym kształcie [Mikułowski Pomorski 1988, s. 17], rozróżnialny stan układu; coś, co możemy opisać, zauważyć, wyodrębnić z otoczenia. Informacja może być cechą różnorodności układu lub procesem jego zmiany. Carl Franz von Weizsäcker mówił wręcz, że informacja to *miara mnogości formy* [Mikułowski Pomorski 1988, s. 22]. Informacja jest więc związana z wielością postaci (formą, stanem statycznym), a także z ich możliwościami stawiania się (procesem tworzenia się). A co jest bardziej kreatywne niż sam

chaos? Już w starożytnych mitologiach spotykamy chaos na początku świata, po przezwyciężeniu którego powstał porządek naszej ziemi.

Przeciwstawność chaosu i porządku czy też informacji jako formy oraz naturalna skłonność ludzi do szukania prawidłowości, reguł, a także powtarzalności spowodowała, że za pierwszego naukowca, który nieład chciał zauważyć, uważa się dopiero Henriego Poincarégo – matematyka z przełomu wieków XIX i XX, twórce topologii. To on tak naprawdę zrozumiał możliwość istnienia chaosu w przyrodzie. Opracował tzw. twierdzenie o powrocie, które mówi o tym, że jeżeli stosuje się wielokrotne przekształcenie systemu matematycznego, a system ten nie może porzucić ograniczonego obrazu, to musi on nieskończenie wiele razy powracać do stanu bliskiego stanowi wyjścia. W ten sposób niestabilność, zmiany, chaos tworzą porządek bliski początkowemu, ale zawsze trochę inny. Piękny, lub jak mówią matematycy, elegancki opis kreatywności systemów [Stewart 1994, s. 68–85]. Trudno jednak przewidzieć, jak taki układ będzie się zachowywał w konkretnym, wybranym przez nas momencie.

Chaos można co prawda częściowo opisać, poznać wyniki zachowania się zmiennego systemu, ale na przestrzeni krótkiego okresu. Po wielu powtórzeniach (iterowaniach) układ staje się dla nas nieprzewidywalny. Nie potrafimy przewidzieć jego zachowań, które mogą być krańcowo różne. Układy niestabilne są bowiem bardzo czułe, co nie znaczy oczywiście, że są destrukcyjne. Wręcz przeciwnie: „wrażliwość na warunki początkowe nie służy do niszczenia, lecz do tworzenia” [Gleick 1996, s. 22].

Wrażliwość na warunki początkowe zauważył jako pierwszy meteorolog z Massachusetts Institute of Technology Edward Lorenz na początku lat sześćdziesiątych. Do opisu pogody zastosował on pewne równania różniczkowe, które wprowadził do komputera. Wyliczył rozwiązania dla przewidywań krótkoterminowych i chciał sprawdzić, jak będą się zachowywać wyniki po dłuższym okresie, po wielu powtórzeniach. Wprowadzał jednak liczby zaokrąglone do wartości tysięcznych, które sam zapisał po poprzednich obliczeniach, uważając, że tak małe zmiany w wartościach nie mogą istotnie zmienić wyniku. Pewnego razu powtórzył te wyliczenia, pozwalając komputerowi liczyć wszystko samemu. Wtedy to zauważył, że bardzo małe zmiany warunków początkowych powodują całkowite zmiany wyników. Ciągi liczb po pewnym okresie czasu rozeszły się bowiem całkowicie. Jego nazwisko do dziś wiąże się z tzw. **efektem motyla**, który w sposób obrazowy przekazuje informację o czułości na warunki początkowe, stwierdzając, że trzepoczące skrzydła motyla np. w Ameryce Południowej mogą wywołać burze w Europie. Potwierdza on, dlaczego w meteorologii z pewną dozą prawdopodobieństwa można przewidywać pogodę do trzech dni naprzód. Jak widać, pogoda jest zjawiskiem bardzo niestabilnym, zmiennym w stosunku do swoich warunków początkowych. Zachowywałyby się inaczej bez motyla. Ale zarazem nasze także wyniki byłyby inne, gdybyśmy potrafili wziąć pod uwagę wszystkie motyle.

Chaotyczna dynamika poprowadziła uczonego do tzw. niezależnych trajektorii. Cóż z tego, że znamy równania, jeśli nawet najdrobniejsze błędy w pomiarach, zwielokrotnione poprzez upływający czas, powodują, że nie jesteśmy w stanie obliczyć wyników?

Z drugiej strony badania Lorenza wykazały, że długoterminowość wykazuje

wielkości, ekran komputera pokazał mu wykres przypominający dwa skrzydła motyla. Powstał atraktor (graficzny wykres rozwiązań równania), czyli obszar, który przyciąga rozwiązania z obszarów sąsiednich. Bogata struktura wykazuje podobieństwa. Pewne kierunki są bowiem wyróżnione np. w ewolucji. Ewolucyjność przyrody wydaje się bardziej naturalna z punktu widzenia teorii chaosu niż z przypadkowości przystosowań się gatunków. Rozwój mutacji zajmuje bardzo dużo czasu, a przecież przyroda dostosowuje się np. do zmian cywilizacyjnych o wiele szybciej, niż wskazywałby rachunek prawdopodobieństwa (prawdopodobieństwo zajścia pewnego wydarzenia). Nowe jednostki, które zapewniają przeżycie gatunkowi, są bowiem wyróżnione. Ich typ genetyczny zachowuje się jak atraktor. Same atraktory także wiele mówią nam o samym układzie: pętłe zamknięte to cykle okresowe, torusy – kombinacja cykli, zaś punkt – to stan stacjonarny, nie wykazujący cech ewolucyjnych.

To atraktory wskazują na wyróżnienie pewnych działań. Niektóre pokazują także swoje samopodobieństwo, ale nie identyczność. Amerykański topolog Stephen Smale, w latach sześćdziesiątych, odkrył klasę tzw. dziwnych atraktorów, które mają taką samą strukturę we wszystkich skalach [Stewart 1994, s. 113–148]. Idea samopodobności to po prostu symetria wobec skali. Zgodność w skali wydaje się dostarczać mniej informacji. Naukowcy obawiają się bowiem dojścia do skrajnego redukcjonizmu. Ale istotą samopodobieństwa jest wizja całości. Nie jest to jednak redukcjonizm. Samopodobieństwo to nie identyczność. Całość to nie tylko suma poszczególnych składników. Całość zachowuje się inaczej niż suma części. A to już definicja nieliniowości. Nowa geometria nie rozwiązuje bowiem równań, ale je powtarza (iteruje). My zaś widzimy dynamikę, proces tworzenia się układu. Nie skupiamy się na opisie konkretnego stanu.

O atraktorach Robert Show z Dynamical Systems Collective z Santa Cruz powiedział, że „są maszynami do produkowania informacji” [Gleick 1996, s. 268]. Dziwne atraktory, zjednoczenie porządku i nieporządku, stawiały prowokujące pytanie o mierzenie entropii układu. To one tworzą nieprzewidywalność, zwiększają ją. Zwiększają entropię i tworzą informację tam, gdzie jej nie ma. Entropia jest przecież miarą brakującej informacji o stanie układu. Atraktor przybliżył nam wizję stanu układu, ale patrząc na niego, uzmysławiamy sobie, że nie wiemy, jak w konkretnym momencie zachowa się układ. A przecież według wzoru W.W. Kosołapowa wartość informacji wyznacza stopień prawdopodobieństwa rozwiązania problemu po jej otrzymaniu [Ratajewski 1994, s. 60]. Im mniej oczekiwana informacja, im mniej możemy ją przewidzieć, tym jej wartość jest większa. Różni filozofowie, np. Karl R. Popper czy Colin Cherry, także wyrażali taką myśl informacji [Mikułowski Pomorski 1988, s. 20 i n.]. Paradoksalnie fakt, że nie potrafimy przewidzieć informacji, że czujemy się wręcz bezradni wobec przyszłości, zwiększa wartość informacji, gdy ją w końcu otrzymujemy.

Podobieństwo w braku przewidywalności widać także w bifurkacjach Mitchella Feigenbauma, amerykańskiego fizyka z Laboratorium w Los Alamos [Stewart 1994, s. 189–192; Gleick 1996, s. 67–92]. Bifurkacja to rozdzielenie, rozdwojenie, które następuje w pewnym punkcie. Badany układ rozwija się czy działa według znanego nam sposobu. W pewnym momencie zaczynają w nim powstawać fluktuacje, aż dochodzi on do punktu, w którym następuje jakby wybór jednej

z dwóch (czasem więcej) dróg. Potem układ zachowuje się zgodnie z wybranym działaniem, po czym znowu może nastąpić kolejna zmiana. Co jakiś czas układ zmienia się. Nie wytrzymuje własnego uporządkowania, co nie znaczy, że chaos go niszczy. Ta inna droga jest wewnętrznie wpisana w istotę układu. Po prostu zmienia on swój jeden porządek na inny. Tak poszukiwaną ideą uniwersalności w układach nieliniowych wydaje się sam fakt istnienia punktów przejścia od porządku do turbulencji. Jak napisał kiedyś inny teoretyk chaosu – Doyne Farmer, także z Santa Cruz:

[...] z filozoficznego punktu widzenia chaos mógłby być operacyjnym sposobem określenia wolnej woli w sposób, który pozwala na jej pogodzenie z determinizmem. Układ jest deterministyczny, ale nie możesz powiedzieć, co się stanie za chwilę. [...] Zawsze miałem wrażenie, że spontaniczne wynurzanie się samoorganizacji powinno być celem fizyki. Oto obie strony medalu. Tutaj porządek z przewijającą się przypadkowością, a krok dalej – przypadkowość ze swoim własnym porządkiem [Gleick 1996, s. 259].

Joseph Ford twierdził wręcz, że ukierunkowana przypadkowość może produkować zaskakującą złożoność. Ale z tej złożoności nie możemy już wrócić do poprzedniego stanu, bez względu na to czy był to porządek, czy chaos.

Tak może być z nauką. Michał Heller przedstawił taki nieliniowy, bifurkacyjny model rozwoju nauki [Heller 1984, *passim*]. Połączył on, tworząc nową teorię chaosu, z modelem rewolucji Thomasa S. Kuhna [Kuhn 1983, 1996, *passim*] oraz rozwojem nauki według wewnętrznej logiki Karla R. Poppera [Popper 1992, *passim*]. Otóż do pewnego momentu nauka rozwija się wedle swoich zasad, po czym następuje moment bifurkacji. Jest czymś podobnym do rewolucji, ale Kuhn zakładał, że przed i po rewolucji nauka jest zasadniczo inna. Natomiast w tym modelu stan „wrzenia” jest spowodowany wewnętrzną logiką rozwoju nauki. Patrząc wstecz, moment bifurkacyjny wydaje się naturalną częścią rozwoju. Ale nie możemy już takiego momentu przewidzieć. Nigdy nie wiadomo, co będzie „motylem” dla nauki, co zmieni ją, kiedy i w jaki sposób [Heller 1984, s. 122]. Stawanie się nauki wręcz jako jej nowy paradygmat przedstawił laureat Nagrody Nobla z chemii z 1977 r. Ilya Prigogine [Prigogine 1990, *passim*], który porównał pojawianie się nowych teorii do struktur dyssypatywnych, tzn. takich, które nie występują w warunkach równowagi termodynamicznej, ale które tworzą się, gdy chaos trwa. Są one wzorcami wyłaniania się porządku z chaosu. Spójność wiedzy o człowieku oraz człowieka z przyrodą odbywa się na zasadzie harmonijnego procesu.

Nieprzewidywalność może jak widać odnosić się do strzałki czasu, do rozwoju układu, do jego nieodwracalności. Można o niej także mówić, rozważając sam proces wyodrębniania informacji, ustalenia granic danego pojęcia, stwierdzania istoty rzeczy. Taka nieprzewidywalność nie musi być jednak czymś przerażającym. Wręcz przeciwnie, świadczy o wielkiej sile kreatywności w całym wszechświecie. O procesie wyobrażania sobie, kształtowania informacji mówił już łaciński odpowiednik: **informo**. Trzeba tylko wyodrębniać informację z otoczenia, i to zarówno w trakcie jej percepcji, jak i jej tworzenia.

Jeden z chaologów, Mitchell Feigenbaum, rozważał, w jaki sposób działa ludzki mózg, jak wyodrębniamy informację z otoczenia, przechowujemy ją, działamy

na jej podstawie. Zastanawiał się, jak porządkujemy tak obfity materiał, który pobierają zmysły z otaczającego nas świata:

Jasne – albo prawie jasne, że mózg nie posiada żadnej bezpośredniej kopii realnych rzeczy. Nie ma żadnej biblioteki form i idei, wedle których porównuje obrazy percepcyjne. Informacje są przechowywane w plastyczny sposób, pozwalający na fantastyczne zestawienia i skoki wyobraźni. Jakiś chaos istnieje wokół nas i mózg wydaje się bardziej elastyczny niż klasyczna fizyka w poszukiwaniu w nim porządku [Gleick 1996, s. 174].

Filozof Jaako Hintikka także uważał, że informacja jest czymś porządkującym, powstałym w procesie poznawczym. „Informacja to inaczej stwierdzenie utraty nieokreśloności, czyli jest to sformułowanie określenia” [Ratajewski 1994, s. 13]. Nazwanie czegoś jest określeniem nawet płynnych, ale jednak granic. Daje panowanie nad rzeczą lub problemem (nawet złudne). Ta myśl towarzyszy nam od *Księgi Genesis*. Płynność granic widać w geometrycznych kształtach zwanych fraktalami, którym trudno określić brzegi, ale które są samopodobne w skali. Fraktale są wynikiem myślenia matematyka z International Business Machines Corporation Benoitta Mandelbrota, który musiał aż

[...] ćwiczyć swoją intuicję, aby potrafiła zaakceptować oczywiste kształty, które były początkowo odrzucane jako absurdalne [Gleick 1996, s. 113].

Fraktalny jest liść paproci, a przecież informacja potrzebna do stworzenia go mieści się w komórce. Opis bardzo skomplikowanego obiektu nie musi być bardzo obszerny.

Wróćmy do Feigenbauma, który swoje dociekania rozwijał na podstawie badań nad kolorami. Nie potrafimy opisać dokładnie granic konkretnego koloru, a jednak mózg w sposób regularny i z weryfikowalną spójnością zauważa np. czerwień:

Umysł ludzki sortuje informacje mimo chaosu percepcji, tak jak nieporządek może produkować uniwersalność [Gleick 1996, s. 176].

Być może to fraktale dają możliwość opisania informacji o bardzo złożonej formie, o płynnych granicach. Inny chaolog z grupy z Santa Cruz, Norman Packard, wręcz stwierdził, co prawda intuicyjnie, że krańcowe złożone układy wytwarzają informację. Informacja jest jakoś wytwarzana i przechowywana w strukturach, które muszą być na tyle skomplikowane, by ją zgromadzić i przekazać dalej. Informacja jest tworzona w umyśle „z połączeń, których nie było tam wcześniej” [Gleick 1996, s. 270]. Być może mózg widzi fraktalnie. To nasza forma, która łączy obiekt i poznającego, poprzez którą poznajemy (według np. Arystotelesa). Jest jednak na tyle skomplikowana, że może pomieścić wiele treści i znaczeń.

Mówiąc o poznaniu, należy wspomnieć jeszcze o Magorohu Maruyamie [Mikułowski Pomorski 1988, s. 33–39, 59–61], który wśród wyróżnionych przez siebie 4 epistemologii przedstawił epistemologię wzajemnych uwarunkowań, morfogenetyczną. Przedstawia ona sposób myślenia chaologów. Wyraża heterogenizację, symbiotyzację i ewolucję. Najważniejsza w niej jest różnorodność, która jest pozytywnie twórcza (jak chaos). To ona tworzy symbiotyzację, ewolucję. Informacja w tej epistemologii zaleca percepcję kontekstualną. Należy zawsze poszukiwać nowych interakcji, nowych wzorców, ponieważ ciągle zmieniają się rzeczy, jak

i stosunki między nimi. Wielkość informacji może więc wzrastać. Proces poznawczy dokonuje się poprzez poznawanie relacji między elementami, które przez swe sprzeczności tworzą nowe byty i stosunki. Mamy więc informację kontekstualną, gdyż informacja np. o różnicach wewnątrz przekazu daje nam wiedzę o różnorodności wszechświata, jego wewnętrznym bogactwie interakcji. Pojęcie obiektywności informacji jest nam niepotrzebne, gdyż każda jednostka informacji musi być interpretowana w kontekście innych oraz w terminach odpowiadających danej sytuacji. Człowiek żyje w czasie zmian, w przestrzeni lokalnej, często wokół czegoś, co nadaje kształt całości. Nastawiony jest na możliwe do odkrycia wartości. Jego społecznienie wymaga nowych kontaktów, zmian wzorców, odkrywania dynamicznych stosunków. Taka epistemologia odpowiada wizji zmiennego świata chaotologów. Herbert Marshall MacLuhan [MacLuhan 1975, *passim*] twierdził wręcz, że człowiek powinien tworzyć nowe informacje, które zrewolucjonizują jego pogląd na świat. Marian Mazur nazywa widzenie informacji w akcie tworzenia sterowaniem [Mazur 1999, *passim*]. Zmiany stworzone w systemie to dopiero informacja. Bez zmian nie ma więc informacji. Turbulencje byłyby więc maszynami do produkowania zmian, a więc także informacji.

Najlepiej widać tę myśl w komunikowaniu, gdzie wzajemne wpływy odbiorcy i nadawcy tworzą sprzężenia zwrotne. Jedne z głównych pytań teorii komunikacji: jaki jest skutek informacji? co się zmieniło po jej odbiorze? można zamienić na pytanie: co by się stało, gdyby nie odczytano konkretnej informacji? Czy układ byłby inny? A taki układ może być oczywiście niestabilny. Wchodzi bowiem w grę zrozumienie odbiorcy. Jeśli go nie ma, nadawca zwiększa redundancję. Musi nadać więcej komunikatów, co w istotny sposób zmienia sam układ. Inaczej trzeba tworzyć informację, a więc po pewnym czasie układ będzie nieprzewidywalny. I to układ złożony tylko z dwóch partnerów. Większe skomplikowanie widać na poziomie społeczeństwa, które przechowuje informację, a które nie składa się wyłącznie z osób spostrzegających tak samo rzeczywistość. Ale to jeszcze raz potwierdza teorię chaosu. Różnorodność powoduje większą kreatywność. Społeczeństwa, grupy ludzkie rozwijają się w różny sposób.

Konkludując, należy stwierdzić, że chaos, pomimo swojej nieprzewidywalności, daje więcej możliwości wyboru niż porządek. Może tworzyć nowe wzorce porządku, które co prawda spowodują nowe fluktuacje, a więc nowe zmiany, ale to da nowy porządek. Przewidywania długofalowe są wprawdzie niemożliwe, ale informacje, jakie otrzymamy, będą miały wielkie wartości. Należy tylko o tym pamiętać, aby ekonomia postępowania informacyjnego nie zakryła nam możliwych wyborów. Im więcej oczekiwań, hipotez, tzn. im większe pole pierwszej fazy spostrzegania, tym więcej informacji dostrzeżemy i odbierzemy. Jak twierdzą zwolennicy teorii chaosu:

[...] chaos [...] przedstawia mocne twierdzenia dotyczące uniwersalnego zachowania się złożoności. [...] teoretycy chaosu [...] wierzą, że szukają całości [Gleick 1996, s. 13–14].

WYKORZYSTANE ŹRÓDŁA I OPRACOWANIA

- Belkin, N.J. (1978). Progress in Documentation: Information Concepts for Information Science. *Journal of Documentation* 34, 1, p. 55–85.
- Brookes, B.C. (1981) The Foundation of Information Science. Part IV. Information Science: the Changing Paradigm. *Journal of Information Science* 3, s. 3–12.
- . (1980). The Foundation of Information Science. Part I. Philosophical Aspects. *Journal of Information Science* 2, p. 125–133.
- . (1980). The Foundation of Information Science. Part II. Quantitative Aspects: Classes of Things and the Challenge of Human Individuality. *Journal of Information Science* 2, p. 209–221.
- . (1980) The Foundation of Information Science. Part III. Quantitative Aspects: Objective Maps and Subjective Landscapes. *Journal of Information Science* 2, s. 269–275.
- Ekeland, I. (1999). Chaos. Katowice: Domino Książnica.
- Gleick, J. (1996). Chaos: Narodziny nowej nauki. Poznań: Zysk i S-ka.
- Heller, M. (1984). Nieliniowa ewolucja nauki. *Rocz. Filozoficzne* 3, s. 105–125.
- Ingwersen, P. (1995). Information and Information Science. W: *Encyclopedia of Library and Information Science*. New York: Marcel Dekker, Inc., p. 154–156.
- . (1992). Information and Information Science in Context. *Libri* 42, 2, p. 99–135.
- Kuhn, T. (1985). Dwa bieguny: Tradycja i nowatorstwo w badaniach naukowych. Warszawa: PIW.
- . (1968). Struktura rewolucji naukowych. Warszawa: PWN.
- MacLuhan, H.M. (1975). Wybór pism. Warszawa: Wydaw. Artystyczne i Filmowe.
- Mazur, M. (1999). Cybernetyka i charakter. Warszawa: Wyższa Szkoła Zarządzania i Przedsiębiorczości im. B. Jańskiego.
- Mikułowski Pomorski, J. (1988). Informacja i komunikacja: Pojęcia, wzajemne relacje. Wrocław: ZNiO.
- Motycka, A. (1994). Nauka a teoria chaosu. *Zag. Naukozn.* 1–4, s. 33–44.
- Popper, K.R. (1992). Wiedza obiektywna: Ewolucyjna teoria epistemologiczna. Warszawa: PWN.
- Prigogine, I., I. Stengers (1990). Z chaosu ku porządkowi: Nowy dialog człowieka z przyrodą. Warszawa: PIW.
- Ratajewski, J. (1994). Wybrane problemy metodologiczne informologii nauki (informacji naukowej). Katowice: Wydaw. UŚ.
- Schuster, H.G. (1995). Chaos deterministyczny: Wprowadzenie. Warszawa: PWN.
- Stewart, I. (1994). Czy Bóg gra w kości?: Nowa matematyka chaosu. Warszawa: PWN.